

Norwegian Patent No. 302202 – English language translation:

ABSTRACT

Method for measuring thickness of a ferro-magnetic area (9), e.g. a carburized layer, at one side of a sheet or a tubular body of a non-magnetic or approximately non-permeable material (7) that also comprises another ferro-magnetic area (10), e.g. an oxidized layer, at the surface of the other side (8), comprising generation of a fluctuating magnetic field and directing of this at the body's other side (8), measuring of the magnetic field at the body's surface at the same side, and calculation on the basis of this the distance to the relevant part of the body (9), and if desired the magnetic permeability in this part, characterised by providing a mainly constant magnetic field that mainly collapses with said fluctuating magnetic field.



NORGE

BEST AVAILABLE COPY

(12) PATENT

(19) NO

(11) 302202

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 01 B 7/06, G 01 N 27/72

Patentstyret

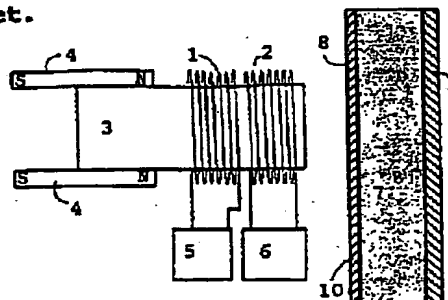
(21) Søknadsnr	962228	(86) Int. innng. dag og søknadsnummer	
(22) Innng. dag	30.05.96	(85) Videreføringssdag	
(24) Løpessdag	30.05.96	(30) Prioritet	Ingen
(41) Alm. tilgj.	01.12.97		
(45) Meddelt dato	02.02.98		
(73) Patenthaver	Den norske stats oljeselskap AS, 4035 Stavanger, NO		
(72) Oppfinner	Tore Arnesen, Rydningen, NO		
	Emil Edwin, Trondheim, NO		
(74) Fullmektig	Rolf Chr. B. Larsen, ABC-Patent, Siviling, Rolf Chr. B. Larsen AS, 0667 Oslo		

(54) Benevnelse Tykkelsesmåling II

(56) Anførte publikasjoner EP A2 650028, JP A 61-237052, US 4553095

(57) Sammendrag

Frengangsmåte for måling av tykkelsen på et ferromagnetisk område (9), for eksempel et karburisert lag, på den ene siden av et plate- eller rør-formet legeme av ikke-magnetisk eller tilnærmet ikke-permeabelt materiale (7), som dessuten omfatter et andre ferromagnetisk område (10), for eksempel et oksidlag, ved overflaten på den andre siden (8), omfattende generering av et varierende magnetisk felt og påtrykking av dette på legemets andre side (8), måling av magnetfeltet ved legemets overflate på samme side, og beregning på bakgrunn av dette avstanden til den aktuelle delen av legemet (9), eventuelt den magnetiske permeabiliteten i denne delen, kjennetegnet ved at det tilveiebringes et i det vesentlige konstant magnetfelt som i det vesentlige faller sammen med det nevnte varierende magnetfeltet.



Den foreliggende oppfinnelsen angår en fremgangsmåte og et apparat for måling av tykkelsen på et karburisert område i et plate- eller rør-formet legeme.

I forbindelse med overføring og behandling av
5 hydrokarboner ved høy temperatur benyttes vanligvis rør av høy-legerte stål-kvaliteter. Disse rørene forringes på innsiden ved en prosess som kalles karburisering, hvilket medfører at den relative karbon-andelen i stålet øker, noe som i sin tur gjør at stålet blir sprøere og mer utsatt for
10 sprekk-dannelser. På grunn av dette må stålet i røret inspiseres jevnlig. Dette kan imidlertid være en kostbar og komplisert operasjon, særlig i rørsystemer hvor innsiden av rørene er vanskelig tilgjengelig, og i verste fall bare kan inspiseres etter at overføringen gjennom det er stoppet.
15 Slike drift-stanser vil øke kostnadene ved en inspeksjon.

I tilsvarende tilfeller er det foreslått brukt forskjellige apparater som anvender magnetisme for å måle tykkelsen av et karburisert lag. Disse måleinstrumentene baserer seg på det faktum at det karburiserte laget har høy
20 magnetisk permeabilitet selv om det opprinnelige materialet i røret i seg selv ikke er magnetisk, og dermed kan detekteres ved forandringene i de magnetiske feltlinjene fra en magnet som plasseres i nærheten av materialet.

Et problem med disse måle metodene er at et rør som
25 utsettes for påkjenninger i form av høye temperaturer over lengre perioder vil danne et oksidlag på utsiden som, i likhet med det karburiserte laget, kan ha en høy permeabilitet. En måling av endringene i de magnetiske feltlinjene på grunn av ferromagnetisk materiale i røret vil dermed gi
30 utslag både for det oksiderte laget og det karburiserte, og dermed være svært usikre.

US-patentene 5.105.151 og 5.128.613 viser teknikker for å overkomme det ovennevnte problemet som i hovedsak baserer seg på bruk av permanente magneter og Hall-elementer for
35 måling av magnetfelt. US 5.105.151 beskriver en måle metode som omfatter bruk av to separate magnetfelt for å måle innvirkningen fra henholdsvis det ytre, oksiderte laget og det indre, karburiserte laget, og sammenligning av disse målingene for å gi et bilde av det karburiserte laget eller

området når måleinnretningen beveges langs overflaten. Dette utgjør dermed et relativt komplisert målesystem.

I US 5.128.613 måles endringene i magnetfeltets retning når en måleinnretning beveges over en overflate for å danne et bilde av eventuelle karburisert områder. Denne metoden har den ulempen at den i utgangspunktet ikke kan detektere et jevnt karburisert lag, siden den baserer seg på å detektere endringer. For å overkomme dette problemet benyttes et referanse-objekt for kontinuerlig sammenligning av dette med måleobjektet. Dette gjør det nødvendig med en egen måling av magnetfeltet ved referanse-objektet og dermed et relativt komplisert system.

US 4.553.095 viser et måleinstrument som bruker virvelstrøm for å måle tykkelsen på et svakt ferromagnetisk overflatelag, der måleinstrumentet plasseres på samme side som overflatelaget. Det svakt ferromagnetiske laget mettes ved å bruke et konstant magnetfelt som er innrettet til å følge overflaten. Bruken av virvelstrøm, og orienteringen av magnetfeltet, gjør denne løsningen lite egnet til å utføre målinger lenger inn i materialet, slik at den ikke kan brukes til å måle tykkelsen på et karburisert lag på den motstående overflaten av et objekt.

Formålet med den foreliggende oppfinnelsen er å frembringe en enkel metode for måling av karburiserte eller andre ferromagnetiske lag på innsiden, eventuelt baksiden, av en gjenstand laget av et ikke-magnetisk materiale eller et materiale med liten permeabilitet, og som på sin utside, eventuelt forside, omfatter et oksidert lag, eventuelt en annen type ferromagnetisk lag. De kjennetegnende trekk ved måleapparatet og fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er angitt å de selvstendige krav.

Oppfinnelsen vil nedenfor bli beskrevet med henvisning til den vedlagte tegningen.

Tegningen viser et måleapparat ifølge oppfinnelsen omfattende to spoler 1, 2 tvunnet rundt en kjerne 3. Kjernen 3 vil fortrinnsvis være laget av stål eller tilsvarende materialer egnet for bruk i transformatorer-kjerner og lignende. I tilknytning til stålkjernen er det plassert to permanente magneter 4 som gir kjernen 3 et stabilt magnetfelt. En signalgenerator 5 sender en varierende strøm

gjennom primærspolen 1 for generering av et varierende magnetfelt i kjernen, som får samme feltlinjer som det stabile feltet. Når måleapparatet plasseres ved overflaten 8 på måleobjektet vil det oksiderte laget nær overflaten 8 bli mettet av det stabile magnetfeltet. Dette betyr at selvinduktansen i sekundærspolen 2 ikke påvirkes av det oksiderte laget.

Selvinduktansen i sekundærspolen 2 vil gi en varierende spenning over spolen, med en amplitude som vil avhenge av en rekke forhold, slik som avstand til magnetisk materiale, materialets permeabilitet og det volum feltlinjene opptar i det magnetiske materialet. Endringer i disse betingelsene vil gi en endring i signalet over sekundærspolen, som vil kunne måles med en måleinnretning 6 av en hvilken som helst egnet type. Dersom måle måleapparatet ifølge oppfinnelsen - beveges langs et rør med varierende grad av karburisering vil den målte spenningen over sekundærspolen 2 endres tilsvarende, og gi et bilde av situasjonen. Ved å sammenligne de målte verdiene med målinger ved et referanseobjekt uten, eventuelt med en kjent grad av karburisering, kan målingene gi en nøyaktig oversikt over karburiseringen.

En fordel ved bruk av spoler vil være det konstante magnetfeltet kan styres, for eksempel ved den posisjon eller ved hjelp av kjernen 3, slik at det i det vesentlige faller sammen med det varierende feltet og man oppnår en magnetisk metting av det oksiderte området ved samme sted som det varierende magnetfeltet påtrykkes.

Et eksempel på et måleapparat slik som vist i figuren er gitt ved at primær- og sekundærspolene 1,2 begge består av 450 viklinger av 0,2 mm tykk kobbertråd og en stålkjerne av samme type stål som brukes i vanlige transformatorer. Permanent-magnetene kan være av forskjellige typer med styrker som varierer med situasjonen. Styrken vil blant annet avhenge av det oksiderte laget, avstanden måleapparatet vil ha fra overflaten 8 og utformingen av apparatet forøvrig. Det viktigste i denne sammenheng er at det oksiderte laget 10 mettes med magnetfeltet. Siden det permanente magnetfeltet normalt ikke vil påvirke det friske materialet 7 eller det karburiserte området 9 vil det være kravet til feltstyrke i praksis være et minimumskrav. Et magnetfelt med en styrke

større enn ca 7500 gauss vil være egnet i utførelsen av apparatet slik det er vist i figuren.

Den påtrykte frekvensen på primærspolen 1 vil fortrinnsvis være i størrelsesorden 100 Hz. Dette medfører at tettheten av virvelstrømmer i det friske materialet 7 blir beskjedne slik at retningen på det varierende og det permanente feltet blir omtrent tilsvarende. En målefrekvens på 100 Hz medfører også at forskjellige legeringstyper med forskjellig permeabilitet i det karburiserte området gir tilnærmet samme utslag på måleren forutsatt at avstanden til det karburiserte området er den samme. Det magnetiske feltets inntrengningsdybde i magnetiske materialer avtar sterkt ved økende permeabilitet og frekvens. Dermed høy permeabilitet liten inntrengningsdybde og en mindre mengde magnetisert materiale.

Frekvensen er dermed valgt slik at varierende permeabilitet blir kompensert av mengde magnetisert materiale, hvilket vil si at målingen blir relativt uavhengig av materialets permeabilitet og magnetfeltets inntrengningsdybde, slik at den målte verdien i det vesentlige bare vil avhenge av avstanden til det karburiserte materialet. Når tykkelsen på det opprinnelige, friske materialet er kjent vil de målte verdiene angi tykkelsen på det karburiserte laget 9.

For å unngå at transformator-blikket i sensorens kjerne 3 går i metning, og for å sikre at en størst mulig del av de magnetiske feltlinjene går gjennom det karburiserte laget, bør kjernen ha et relativt stort tverrsnitt.

Magnetlinjenes orientering i forhold til overflaten 8 kan variere, men den største tettheten av feltlinjer oppnås ved at en av de magnetiske polene vender mot overflaten.

Andre utførelser enn den som er vist i figuren er også mulig. Enhver fremgangsmåte for å skape et varierende magnetisk felt vil være mulig, som alternativ til spolen 1 og signal-generatoren 5. Forskjellige innretninger for måling av magnetfelt, for eksempel Hall-elementer, kan også anvendes som alternativer til sekundærspolen 2.

Dersom måleapparatet skal kunne anvendes i forskjellige sammenhenger kan det være fordelaktig å bytte ut permanent-magnetene 4 med en tredje spole som trinnløs variering av det

permanente magnetfeltet for å tilpasse det den enkelte målesituasjon.

Det er også mulig å bruke samme spolen for generering og måling av det resulterende feltet, siden denne spolens induktans vil variere med permeabiliteten som påvirker magnetfeltet. Det stabile magnetfeltet kan også tenkes generert av samme spole som det varierende feltet, ved å sende en konstant strøm som er overlappet med en varierende strøm, gjennom spolen.

I tilfeller der det skal utføres relative målinger for finne det området i en rørledning som er mest skadet av karburisering kan det være fordelaktig om måleinnretningen 6 på en i og for seg kjent måte omfatter en akustisk signalgenerator slik at den målte spenningen over sekundær-spolen 2 kobles til tonehøyde i et akustisk signal. På denne måten kan en rørledning inspiseres ved at en operatør fører måleapparatet ifølge oppfinnelsen, egenhendig eller ved hjelp av maskiner, langs rørledningen og lytter seg frem til høyeste frekvensen.

Ovenfor er måleapparatet ifølge oppfinnelsen diskutert i forbindelse med en bestemt anvendelse, men det er klart at måleapparatet vil kunne brukes i en rekke andre tilfeller der et ikke-magnetisk materiale 7 er dekket på begge sider av et materiale 8,9 med høy permeabilitet, og der tykkelsen på disse lagene bare kan måles fra den ene siden.

Den foreliggende oppfinnelsen kan tenkes brukt innen en rekke områder der målinger skal utføres på ikke-magnetiske materialer som er dekket av ferromagnetiske materialer på begge sider, og den ene siden er utilgjengelig.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for måling av tykkelsen av et første ferromagnetisk lag (9), for eksempel et karburisert lag, på den ene siden av et plate- eller rør-formet legeme av ikke-magnetisk eller tilnærmet ikke-permeabelt materiale (7), som dessuten omfatter et andre ferromagnetisk lag (10), for eksempel et oksidlag, i den motstående overflaten (8) av legemet (7) i forhold til det første laget (9), og tykkelsen på legemet, medregnet de to lagene, er i det vesentlige konstant over hele området som skal måles,

omfattende generering av et varierende magnetisk felt og påtrykking av dette på legemets nevnte overflate (8), påtrykking av et i det vesentlige konstant magnetfelt på overflaten (8),

og måling av magnetfeltet ved legemets overflate på samme side,

k a r a k t e r i s e r t v e d at det i det vesentlige konstante magnetfeltet plasseres med sin ene magnetiske pol mot overflaten og har tilstrekkelig feltstyrke i dette området til magnetisk å mette det andre ferromagnetiske laget (10),

at det i det vesentlige faller sammen med det nevnte varierende magnetfeltet innen det samme området av overflaten, slik at det konstante magnetfeltet gir en magnetisk metting av det andre ferromagnetiske laget (10) ved samme sted som det varierende magnetfeltet påtrykkes,

at det varierende magnetfeltet har en frekvens i størrelsesorden 100 Hz,

og beregning på bakgrunn av det målte magnetfeltet avstanden til det første laget (9), og dermed en relativ verdi for det første lagets tykkelse.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at magnetfeltet måles ved induksjon i en sekundærspole (2) for derved å gi et signal som tilsvarer variasjonen i magnetfeltet ved legemets overflate (8).

302202

